

Boletim IG. Instituto de Geociências, USP, V. 8: 21–30, 1977
**COMPOSIÇÃO E ORIGEM DE INCLUSÕES MINERAIS
EM DIAMANTES DA VENEZUELA**

por

DARCY P. SVISERO

Departamento de Mineralogia e Petrologia

JOSÉ BAPTISTA GOMES

Escuela de Ingenieria Geologica Y de Minas,

Universidad de Oriente

La Sabanita, Cd. Bolivar, Venezuela

ABSTRACT

Olivine, enstatite, chromium-pyrope as well as diamond have been identified in Venezuelan alluvial diamonds using X-ray diffraction and the electron micro probe. Most of the inclusions are idiomorphic; furthermore, they have dimensions ranging from 100 up to 500 microns. Olive and enstatite are both highly magnesian and almost depleted in chemical impurities. The garnets which are red purple to wine in color are particularly rich in chromium. Their end-member are essentially pyrope, knorringuite, and almandine with some grossularia, espessartite and andradite as minor constituents. All the analysed inclusions belong to a lherzolitic mineral assemblage being similar to those previously reported from other worldwide localities.

RESUMO

Olivina (forsterita), ortopiroxênio (enstatita), granada (crômio-piropo) e o próprio diamante, ocorrem sob a forma de inclusões singenéticas em diamantes aluvionares dos rios Caroni e Quebrada Grande, estado de Bolivar, Venezuela. Tais minerais apresentam-se idiomorfos, alguns são epitáxicos com o diamante hospedeiro e suas dimensões variam entre 0,5 a 0,1 mm. Análises químicas efetuadas por meio da microsonda eletrônica revelaram que a olivina e o ortopiroxênio são ricos em seus respectivos componentes magnesianos, e quase isentos de impurezas menores. A granada caracteriza-se pelo seu alto teor em crômio, e é constituída essencialmente pelas moléculas piropo, knorringnita e almandina, contendo porcentagens menores de grossulária, espessartita e andradita. Tomadas em conjunto, as inclusões estudadas no presente trabalho constituem uma assembléia lherzolfítica, e por conseguinte, indicam que os diamantes dos rios Caroni e Quebrada Grande derivaram-se a partir de rochas de natureza peridotítica, ou seja, quimberlitos.

INTRODUÇÃO

Dados experimentais e teóricos indicam que o diamante cristaliza-se em condições próximas de equilíbrio a uma profundidade entre 150 a 200 Km (Berman, 1965; Kennedy

e Nordlie, 1968). Outro fato bem conhecido é a presença de certos minerais sob a forma de minúsculas inclusões no interior do diamante. Essas inclusões são raras mas de grande significado genético. Além de termômetros e barômetros geológicos do diamante, elas constituem uma das formas de amostragem do manto superior.

A outra possibilidade de se obter informações do manto é representada pelos nódulos ultramáficos e ultrabásicos encontrados com certa frequência em alguns quimberlitos (Nixon e Boyd, 1973; Sobolev et al. 1975). Entretanto, os minerais constituintes desses nódulos estão sujeitos a uma série de alterações químicas durante e após o trajeto do quimberlito até os níveis superiores da crosta. Tal fato não ocorre com as inclusões, de vez que elas, encontrando-se no interior do diamante, estão protegidas de toda sorte de alterações químicas. Nessas condições, as inclusões informam sobre a composição do magma em cujo seio o diamante se formou, e por extensão, a composição aproximada do manto superior.

As primeiras referências à inclusões em diamantes naturais encontram-se nos trabalhos clássicos de Wagner (1914), Sutton (1928) e Williams (1932). Entre as possíveis inclusões, cuja determinação era essencialmente visual, são mencionados os seguintes minerais: quartzo, olivina, ouro, magnetita, serpentina, coríndon, mica, cromita, calcita, granada, limonita, diopsídio, hematita, e muitos outros. A partir de 1950, logo após a descoberta dos novos campos diamantíferos da Sibéria, diversos autores retomaram o problema utilizando-se da difração de raios X. Esse procedimento restringiu consideravelmente o número de minerais descritos anteriormente como inclusões do diamante.

Mitchell e Giardini (1953) mostraram que a olivina é uma inclusão comum, e em geral, epitáxica com o diamante. Seguiram-se diversas contribuições dos autores russos, notadamente Futergendler (1958), Orlov (1959), Futergendler et. al. (1961) e outros. Eles confirmaram a epitaxia olivina-diamante e descobriram outras entre o diamante, a granada e o cromoespinélio. Paralelamente, Milledge (1961), identificou coesita em diamantes sintéticos produzidos pela General Electric Company nos Estados Unidos. Esta descoberta teve grande importância confirmando os limites de pressão necessários à formação do diamante na natureza. Sharp (1966) mostrou que a pirrotita e a pentlandita são inclusões comuns em diamantes da África do Sul. Harris (1968) retomando o trabalho de Orlov (1959), classificou as inclusões em singenéticas e epigenéticas. As singenéticas ou primárias são contemporâneas à formação do diamante e incluem olivina, piroxênio, granada, cromita e alguns sulfetos. As epigenéticas ou secundárias reúnem minerais de paragéneses diversas, acidentalmente associados ao diamante.

Dados relativos à composição química de inclusões singenéticas são relativamente recentes e podem ser encontrados em Meyer e Boyd (1969, 1972), Sobolev et. al. (1969, 1971) e Meyer e Svisero (1975).

Neste trabalho são descritas algumas inclusões identificadas em diamantes aluvionares da Venezuela. Elas incluem olivinas, granadas, ortopiroxênios e o próprio diamante. Essas determinações iniciaram-se com material obtido nos garimpos do Rio Quebrada Grande, Distrito de Cedeño, estado de Bolívar (Svisero e Baptista, 1973), e foram estendidas posteriormente aos rios integrantes da Bacia do Caroni.

OCORRÊNCIA GEOLÓGICA

As principais ocorrências de diamante na Venezuela localizam-se na faixa entre o

Rio Orenoco e a fronteira com o Brasil (Figura 1). Muito embora a Venezuela seja o maior pro-

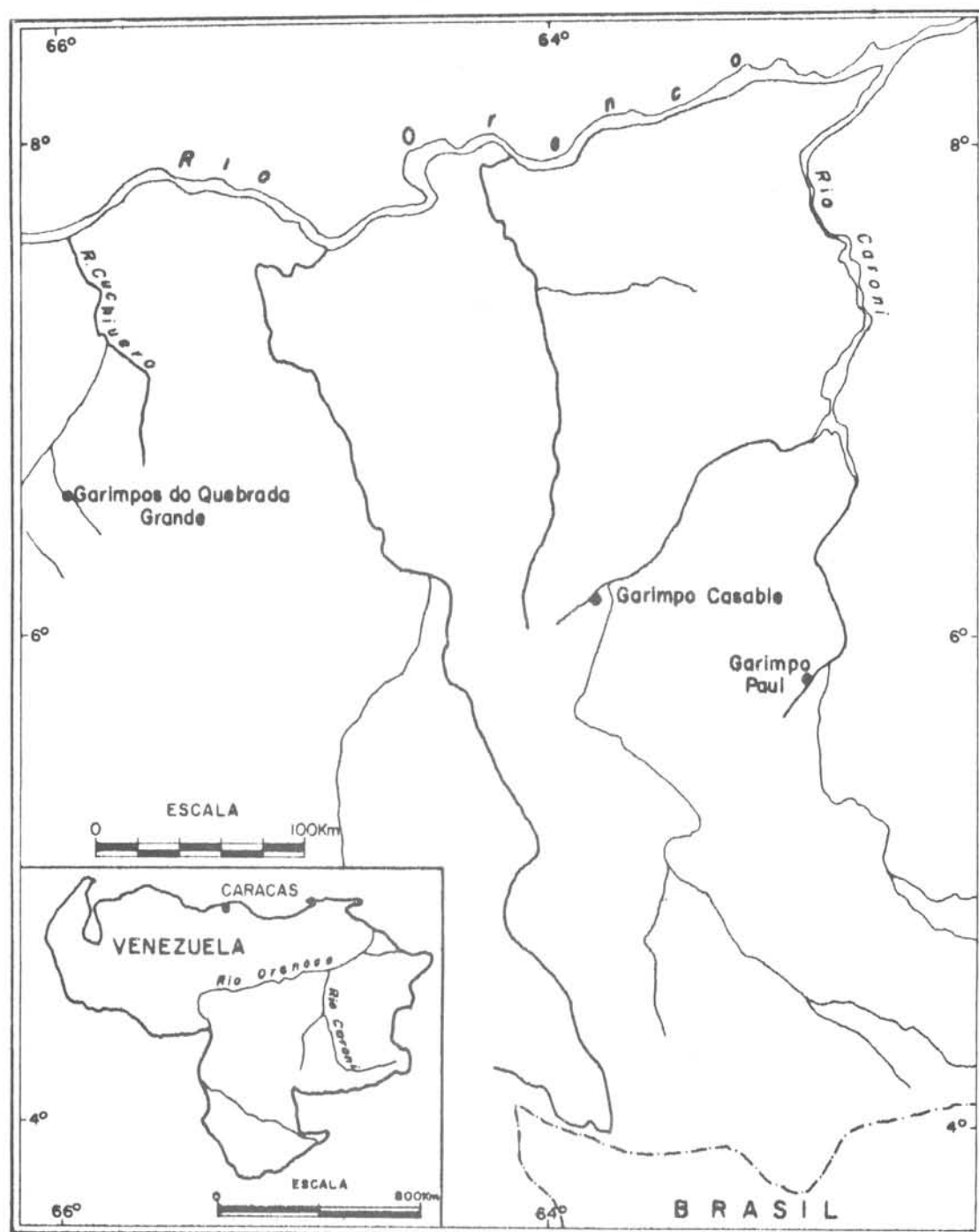


Fig. 1 — Localização geográfica das principais áreas diamantíferas da Venezuela.

dutor de diamante do continente americano na atualidade, toda a produção do país provém de garimpos. Os depósitos mais importantes estão situados nos Rios Caroni, Cuyuni e Quebrada Grande, este último, afluente do Guainíamo, um dos constituintes do Cuchivero.

As jazidas do Rio Quebrada Grande, no momento as mais importantes da Venezuela, localizam-se no Distrito de Cedeño, estado de Bolívar, e compreendem os garimpos de El Caracol, El Caracolito, La Bicicleta, El Milagro, La Cuaiana, La Cuaianita, El Resbalon del Diablo, Curao, El Candado, La Salvacion e outros de menor importância. Nesses locais, o diamante ocorre em um conglomerado Recente de 30 cm de espessura, capeado por uma cobertura argilo-arenosa cuja espessura varia de 3,5 a 8,5 m. Essas ocorrências foram descobertas em 1969, época em que a produção de Venezuela era de apenas 200 mil quilates por ano, e provinha em sua maior parte do Rio Caroni. Após o início da garimpagem no Rio Quebrada Grande, a produção da Venezuela duplicou no ano seguinte, e segundo as últimas

estatísticas oficiais, ela atingiu 1.240 mil quilates em 1974, representando 2,5% da produção mundial.

Entretanto, a origem do diamante da Venezuela ainda é um problema desconhecido e controvertido. Diversos autores incluindo Choubert (1974), consideram o conglomerado Roraima a matriz secundária do diamante em toda a região da Guiana. Os quimberlitos por sua vez, seriam anteriores ao Roraima, e portanto, de idade Precambriana média. Outros admitem a possibilidade de existirem quimberlitos mais novos, alterados superficialmente pelo intemperismo intenso da região (Baptista e Svisero, 1975). Essa hipótese parece perfeitamente válida no caso das ocorrências do Rio Quebrada Grande. Além de estruturas favoráveis à existência de intrusões quimberlíticas, a presença de granada piropo e ilmenita magnésiana entre os constituintes das frações pesadas locais, constituem uma forte evidência de que as matrizes primárias localizam-se próximas aos depósitos.

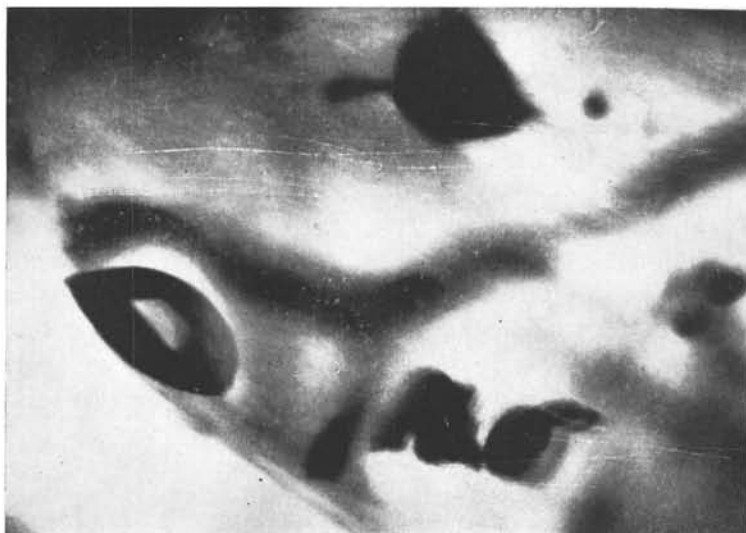
MATERIAL DE ESTUDO

A primeira amostragem realizou-se nos próprios garimpos e teve por finalidade escolher diamantes de qualidade não gemológica contendo defeitos e prováveis inclusões. O material selecionado, aproximadamente duas centenas de cristais com pesos entre 0,2 a 1,0 quilate, foi posteriormente examinado e fragmentado para a liberação dos minerais inclusos.

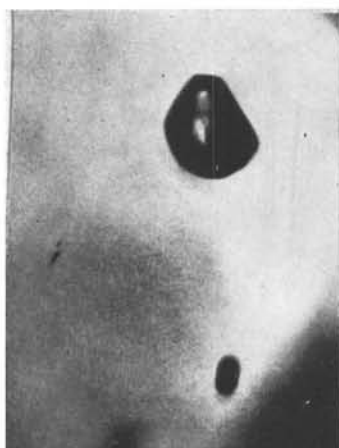
Os diamantes examinados no laboratório são predominantemente incolores e exibem hábitos intermediários entre o octaédrico e o rombododecaédrico. Os pesos específicos, determinados por meio de líquidos pesados variam entre 3,51 a 3,53 g/cm³. Essa variação, ao que tudo indica, é provocada pela presença de inclusões cujos pesos específicos são maiores

do que o do diamante. Além disso, impurezas de nitrogênio, normalmente presentes em pequenos teores, contribuem para elevar ligeiramente o peso específico do diamante (Svisero, 1971).

As inclusões, por sua vez, são microscópicas e suas dimensões variam de 100 a 500 microns. Dependendo da transparência do hospedeiro, elas podem ser observadas à vista desarmada, e nesse caso, assemelham-se a bolhas de ar no interior do diamante. Elas não ocorrem isoladas, pelo contrário, mostram uma certa tendência de agruparem-se constituindo associações onde o número de indivíduos é variável (Fotomicrografia 1).



a) 100 x



b) 70 x



c) 10 x

Fotomicrografia 1 — a) Cristal de diamante contendo diversas inclusões, destacando-se no lado esquerdo uma inclusão de enstatita prismática. As demais em níveis diversos são olivinas. As manchas escuras irregulares que circundam as inclusões correspondem à zona de birrefringência anômala do diamante hospedeiro. b) Inclusão de granada em primeiro plano ao lado de uma olivina de forma abanhada. c) Inclusão de olivina visível a olho nú. Notar o idiomorfismo bem definido de todas as inclusões. As manchas negras de (b) e (c) correspondem à fenômenos de reflexão total.

A cor das inclusões é variável, e para uma mesma fase pode variar com a composição química como é o caso da granada. São conhecidos exemplos de granadas vermelhas, vinho, lilás, laranja e verde escuro. Olivina e enstatita geralmente são incolores, mas ao microscópio mostram tonalidade levemente amarela ou verde. Quanto às inclusões de diamante, elas apresentam-se normalmente incolores, dificultando o seu reconhecimento no interior do cristal hospedeiro.

Observadas ao microscópio, as inclusões

apresentam-se orientadas e circundadas por zonas de birrefringência anômala. Essas características são extremamente importantes pois confirmam a natureza singenética desses minerais em relação ao diamante. Outra particularidade notável é o caráter monomineralico das inclusões. Associações de dois ou mais minerais distintos e coexistentes no mesmo diamante constituem registros raros na literatura. A suite de inclusões analisadas contém duas associações desse tipo representadas pelos pares olivina + granada e olivina + enstatita.

TÉCNICAS DE ANÁLISE

Para as determinações analíticas tornou-se necessário remover as inclusões do interior dos seus respectivos hospedeiros. Essa operação foi executada em um dispositivo cilíndrico contendo duas hastes móveis que fixam o diamante e provocam o seu rompimento por meio de fortes pressões.

Uma vez isoladas, as diversas fases foram identificadas por meio de ensaios ópticos e

difração de raios X, e em seguida, analisadas em uma microsonda eletrônica modelo M.A.C. 500, operada em regime de 15 kV e 2 mA. Os padrões utilizados incluíram vidros artificiais e metais puros. As correções analíticas referentes a absorção, fluorescência, retroespalhamento e número atômico, foram efetuadas automaticamente com o programa de Boyd et. al. (1969).

COMPOSIÇÃO QUÍMICA

Meyer e Boyd (1969) efetuaram as primeiras determinações de inclusões de diamantes da Venezuela utilizando material de procedência desconhecida. No decorrer deste trabalho tivemos a oportunidade de identificar um total de doze olivinas, cinco granadas, quatro diamantes e três enstatitas em diamantes detríticos dos rios Caroni e Quebrada Grande. Devido às dimensões exíguas da maior parte destas inclusões, apenas quatro foram analisadas quantitativamente, e os resultados estão apresentados na tabela 1.

As olivinas são ricas em MgO e apresentam teores de forsterita variando entre 92,0 a 94,0%. CaO, MnO e NiO ocorrem em teores

menores do que 1,0%, enquanto que a concentração de TiO₂ e Al₂O₃ estão próximas do limite de detecção do instrumento. A impureza mais significativa é o Cr₂O₃ cujo teor pode alcançar até 0,10%.

A composição global da enstatita é muito semelhante a da olivina. As enstatitas analisadas são estequiometricamente quase puras, sendo desprezíveis as impurezas menores. A razão Mg/Mg+Fe é da ordem de 93,7%, havendo pequena porcentagem de solução sólida em relação ao componente ferrífero, e porcentagem quase desprezível em relação ao termo de cálcio.

A granada caracteriza-se pelos teores altos

Tabela 1

Composição química de inclusões minerais de diamantes da Venezuela

	Rio Caroni		Rio Quebrada Grande	
	Olivina V-2a *	Granada V-2b *	Olivina V-12a +	Enstatita V-12b +
SiO ₂	40,88	40,80	41,20	57,54
TiO ₂	< 0,01	0,06	< 0,01	< 0,01
Al ₂ O ₃	0,02	17,63	< 0,01	0,54
Cr ₂ O ₃	0,10	8,74	0,08	0,42
FeO	5,78	8,02	7,02	4,40
MgO	51,87	21,13	51,40	36,36
CaO	0,04	2,93	0,06	0,21
MnO	0,11	0,80	0,14	0,11
NiO	0,67	—	0,39	0,14
Total	99,47	100,11	100,29	99,72

Número de cátions (x 1000) com base em n átomos de oxigênio

	n = 4	n = 12	n = 4	n = 6
Si	993	2.961	993	1.975
Al ^{IV}	—	39	0	22
Al ^{VI}	1	1.470	0	—
Ti	0	3	0	0
Cr	2	502	2	11
Fe ³⁺	—	25	—	—
Fe ²⁺	117	463	141	126
Mg	1.877	2.289	1.858	1.860
Ca	1	228	1	8
Mn	2	49	3	3
Ni	13	—	7	4
	2013		2012	
	3000		1997	
	2000		2012	
	3029		2012	
Mg x 100				
Mg + Fe	94,1	83,2	92,9	93,7

* Olivina V-2a e granada V-2b coexistem no mesmo diamante.

+ Idem, olivina V-12a e enstatita V-12b

de MgO e Cr_2O_3 . Com relação aos teores dos demais óxidos, CaO e FeO apresentam valores médios, MnO baixo, e TiO_2 praticamente desprezível. Os valores da tabela 1 indicam tratar-se de uma variedade piropo altamente cromífera. Neste caso, o teor em cromo é muito maior do que aquele necessário para a formação da molécula de uvarovita. Estudando granadas deste tipo, Nixon e Hornung (1968) e Meyer (1968), propuseram quase simultaneamente, a existência de um novo constituinte entre as granadas naturais. O novo termo, de fórmula $Mg_3 Cr_2 (SiO_4)_3$, foi denominado knorringuita, mas alguns autores preferem a denomi-

nação crômio piropo devido a similaridade com a molécula piropo.

Em termos de moléculas constituintes, a granada da tabela 1 é constituída por 52,0% de piropo, 25,0% de knorringuita, 15,0% de almandina, 6,0% de grossulária, 1,3% de espessartita e 1,0% de andradita. Granadas deste tipo são de ocorrência restrita. Além de inclusões em diamantes, elas ocorrem apenas em nódulos ultramáficos e ultrabásicos de quimberlitos (Sobolev et. al. 1969, Reid e Hanor 1970, Boyd 1974).

DISCUSSÃO

De um modo geral as inclusões identificadas nos diamantes da Venezuela são semelhantes às de outras localidades geográficas (Sobolev et. al. 1971, Meyer e Svisero 1975). Há diferenças na frequência de algumas inclusões sendo que a enstatita e o diamante, particularmente, são mais comuns do que se admitia anteriormente. Entretanto, a composição química global das fases analisadas não mostra grandes variações quando comparada com inclusões de outros locais.

Tomadas em conjunto, as inclusões estudadas apresentam composição semelhante a dos respectivos minerais constituintes de nódulos peridotíticos, frequentes nos quimberlitos da África do Sul e Sibéria (Sobolev 1974). Mais especificamente, a olivina, a enstatita e a granada constituem uma assembléia lherzólítica, muito embora o diopsídio esteja ausente entre as inclusões descritas neste trabalho (Prinz et. al. 1975). Na verdade, o diopsídio é um mineral raro entre as inclusões conhecidas até o presente momento. Trata-se de um fato aparentemente paradoxal, uma vez que o diopsídio é uma fase relativamente comum em quimberlitos.

Outro aspecto já mencionado, embora

pouco frequente, é a ocorrência simultânea de duas ou mais fases cristalinas coexistentes no mesmo diamante. Meyer e Boyd (1972) discutem algumas associações binárias envolvendo olivina, granada e cromita. Associações ternárias são raríssimas, e o único exemplo conhecido, foi observado por Sobolev et. al. (1970) em diamantes da Sibéria, onde ocorrem simultaneamente olivina, granada e diopsídio. Entre as inclusões presentes nos diamantes da Venezuela, observamos os pares olivina + granada e olivina + enstatita. O primeiro coexiste em um diamante incolor de hábito octaédrico, e o segundo, em um diamante castanho de faces curvas e hábito rombododecaédrico.

Estas assembléias, da mesma forma que as características químicas das inclusões, indicam que os diamantes estudados cristalizaram-se a partir de um magma de natureza lherzólítica. Verifica-se portanto, que os diamantes detríticos dos rios Caroni e Quebrada Grande provêm de matrizes quimberlíticas, cuja localização exata está sendo objeto de trabalhos geológicos pormenorizados nos referidos locais. O fato de algumas inclusões serem epitaxiais com os respectivos hospedeiros, sugere em adição, que a cristalização do diamante se processou sob condições de equilíbrio.

AGRADECIMENTOS

Os autores são imensamente gratos ao Prof. Dr. Henry O. A. Meyer da Purdue University, Indiana, Estados Unidos, pela valiosa ajuda prestada durante as análises químicas. Esses agradecimentos são extensivos ao Prof. Dr. Nabor Ricardo Rüegg, do Instituto de Geo-

ciências da Universidade de São Paulo, que gentilmente, leu o manuscrito. Um dos autores (DPS) agradece o apoio financeiro da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP).

BIBLIOGRAFIA

BAPTISTA, J.G. e SVISERO, D.P. — 1975 — Possibilidade de la existencia de kimberlitas en la parte noroccidental de la Guayana Venezolana. Bol. Res. X Conferência Geológica Inter-guianas, págs. 88-89, Belém, Brasil.

BERMAN, R. — 1965 — Physical Properties of Diamond. Clarendon Press, Oxford, 443 págs.

BOYD, F.R.; FINGER, L.W. e CHAYES F. — 1969 — Computer reduction of electron probe data. Carnegie Institution, Washington, Yearb. 67, 210-215.

BOYD, F.R. — 1974 — Ultramafic Nodules from the Frank Smith Kimberlite Pipe, South Africa. Carnegie Institution, Washington, 73, 285-294.

CHOUBERT, B. — 1974 — Le Precambrien des Guaynes. Memoires du B.R.G.M. n.º 81, Paris.

FUTERGENDLER, S.I. — 1958 — Estudo de inclusões sólidas em diamantes por difração de raios X. Kristallography 3, 494-497 (Em russo).

FUTERGENDLER, S.I. e FRANK-KAMNETSKY, V.A. — 1961 — Crescimento orientado de olivina, granada e cromoespinélio em diamante. Memb. Al. Union Min. Soc. 90, 230-236 (Em russo).

HARRIS, J.W. — 1968 — The recognition of diamond inclusions. Pt. 1 : Syngenetic mineral inclusions. Ind. Diam. Rev. 28, 402-410 e Pt. 2 : Epigenetic mineral inclusions, idem 458-461.

KENNEDY, G.C. and NORDLIE, B.E. — 1968 — The genesis of diamond deposits. Econ. Geol. 63, 495-503.

MEYER, H.O.A. — 1968 — Chrome-pyropé: an inclusion in natural diamond. Science 160, 1446-1447.

MEYER, H.O.A. and BOYD, F.R. — 1969 — Mineral inclusions in diamond. Carnegie Inst. Wash. Yearb. 67, 130-135.

MEYER, H.O.A. and BOYD, F.R. — 1972 — Composition and origin of crystalline inclusions in natural diamonds. Geochim. Cosmochim. Acta 36, 1255-1273.

MEYER, H.O.A. and SVISERO, D.P. — 1975 — Mineral inclusions in Brazillian diamonds. Physics and Chemistry of Earth, vol. 9, 785-795. Pergamon Press, New York.

MILLEDGE, H.J. — 1961 — Coesite as an inclusion in G.E.C. synthetic diamonds. Nature 190, 1181.

- MITCHELL, R.S. and GIARDINI, A.A. — 1953 — Oriented olivine inclusions in diamonds. *Amer. Mineral.* 38, 136-138.
- NIXON, P.H. and BOYD, F.R. — 1973 — Petrogenesis of the granular and sheared ultrabasic nodule suite in Kimberlites. In *Lesotho Kimberlites*, pp. 48-56, Editor P.H. Nixon, Lesotho Nat. Dev. Corp.
- NIXON, P.H. and HORNUNG, G. — 1968 — A new chromium garnet end member, Knorrinite, from kimberlites. *Amer. Mineral.* 53, 1833-1840.
- ORLOV, Yu. L. — 1959 — Inclusões singenéticas e epigenéticas em cristais de diamante. *Trans. Min. Mus. Acad. Sc. SSSR* 10, 103-120 (Em russo).
- PRINZ, M.; MANSON, D.V.; HLARA, P.F. and KEIL, K. — 1975 — Inclusions in diamond: garnet lherzolite and eclogite assemblages. *Physics and Chemistry of Earth*, vol. 9, 797-815. Pergamon Press. New York.
- REID, A.M. and HANOR, J.S. — 1970 — Pyrope in kimberlites. *Amer. Mineral.* 55, 1374-1379.
- SHARP, W.E. — 1966 — Pyrrhotite: a common inclusion in South African diamonds. *Nature* 211, 401-403.
- SOBOLEV, V.S. — 1974 — As inclusões profundas dos quimberlitos e o problema da composição do manto superior. Editora Nauka, Divisão siberiana. Novosibirsk, 264 págs (Em russo).
- SOBOLEV, N.V.; BARTOSHINSKY, Z.V.; YEFIMOVA, E.S.; LAVRENT'YEV, Yu.G. and POSPELOVA, L.N. — 1970 — Associação de olivina, granada e cromiodiopside em diamante de Yakutia. *Dokl. Akad. Nauk. SSSR*, 192, 1349-1353 (Em russo).
- SOBOLEV, N.V.; BOTKUNOV, A.I.; LAVRENT'YEV, Yu.G. e POSPOLEVA, L.N. — 1971 — Peculiaridades da composição de minerais coexistentes com diamantes do quimberlito Mir, Yakutia, URSS. *Zap. Vses. Mineralog., Obshchestva* 100, 558-564 (Em russo).
- SOBOLEV, N.V.; LAVRENT'YES, Yu.G.; POSPOLEVA, L.N. e SOBOLEV, E.V. — 1969 — Cromio-piropos de diamantes de Yakutia, URSS. *Bokl. Akad. Nauk. SSR*, 189, 162-165 (Em russo).
- SOBOLEV, V.S.; DOBRETISOV, N.L. e SOBOLEV, N.V. — 1975 — Xenólitos profundos e o manto superior. Editora Nauka, Divisão Siberiana, Novosibirsk, 269 págs (Em russo).
- SUTTON, J.R. — 1928 — *Diamond: a descriptive treatise*. Thomas Murby, London.
- SVISERO, D.P. — 1971 — Mineralogia do diamante da região do Alto Araguaia, Mato Grosso. Tese de doutoramento apresentada ao Instituto de Geociências e Astronomia da USP, 127 pp.
- SVISERO, D.P. e BAPTISTA, J.G. — 1973 — Inclusiones en diamantes aluvionares de la Quebrada Grande, Distrito Cedeño, Bolívar, Venezuela. *Bol. Res. II Congr. Latino Americano de Geología*, págs 158-160, Caracas, Venezuela.
- WAGNER, P.A. — 1914 — *The diamond fields of Southern Africa*. The Transvaal Leader, Johannesburg (Reprinted 1971, C. Struik, Cape Town, South Africa).
- WILLIAMS, A.F. — 1932 — *The genesis of diamond*. Vol. I, E. Benn, London.